

科学新视角丛书  
新知识 新理念 新未来

# Water 4.0

The Past, Present,  
and  
Future of the World's Most Vital Resource

## 人类用水简史

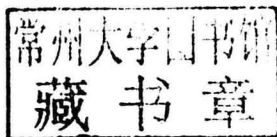
城市供水的过去、现在和未来

【美】戴维·塞德拉克 (David Sedlak) 著 徐向荣 等译 虞左俊 校

上海科学技术出版社

# 人类用水简史： 城市供水的过去、现在和未来

[美] 戴维·塞德拉克 著  
徐向荣 等译  
虞左俊 校



---

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

人类用水简史: 城市供水的过去、现在和未来 /  
(美)戴维·塞德拉克 (Sedlak D.) 著; 徐向荣主译. —  
上海: 上海科学技术出版社, 2018.6

(科学新视角丛书)

ISBN 978-7-5478-4041-2

I. ①人… II. ①戴… ②徐… III. ①城市供水系统  
—研究 IV. ①TU991

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第 125434 号

---

Original title: WATER 4.0—THE PAST, PRESENT, AND  
FUTURE OF THE WORLD'S MOST VITAL RESOURCE

© 2014 by David Sedlak

Originally published by Yale University Press

Simplified Chinese translation copyright © 2015 by Shanghai  
Scientific & Technical Publishers

Published by arrangement with Yale University Press

Through Bardon-Chinese Media Agency

All rights reserved

上海市版权局著作权合同登记号 图字: 09-2015-002 号  
封面图片来源: 视觉中国

## 人类用水简史:

城市供水的过去、现在和未来

[美]戴维·塞德拉克 著

徐向荣 等译

虞左俊 校

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

上海盛通时代印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.75 插页2

字数 230千字

2018年6月第1版 2018年6月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-4041-2 / N · 149

定价: 58.00元

---

科学新视角丛书

---

新知识 新理念 新未来

身处快速发展且变化莫测的大变革时代，我们比以往更需要新知识、新理念，以厘清发展的内在逻辑，在面对全新的未来时多一分敬畏和自信。

## 译者序

城市水安全问题，主要是指由于城市水资源短缺、水质污染以及洪涝干旱灾害造成的问题，包括水生态安全、水环境安全、水资源安全、供排水安全和饮用水安全。城市水安全作为国家安全战略的重要组成部分，亦是城市可持续发展的基本条件，关系到国家与社会的和谐发展。近年来，城市水安全成为人们街谈巷议的热门话题之一，各种相关新闻不时见诸报端。比如江西瑞昌、江苏镇江、浙江杭州、甘肃兰州以及香港地区的自来水因受到有机物或重金属的污染而引起居民对饮用水安全的恐慌；调查结果发现我国城市居民饮用水中超过八成的水样余氯含量不达标；北京、上海、深圳、武汉等多个城市遭遇特大暴雨而导致城市内涝严重，纷纷开启“看海”模式。这些事件充分暴露了我国城市水系统在建设和管理中仍存在一些深层次问题。这些问题已引起政府管理层的高度重视、学术界的深入研究和老百姓的广泛关注。此书的诞生，非常及时，既符合现代化都市的时代需求，也迎合普罗大众的市场需求。

译者是做水污染与控制技术研究的，对污染物在河流、河口、海湾、海洋等地表水体的污染现状了解较多，也对现代污水处理厂的工艺

较为了解。但对于城市水系统的发展变化进程了解得不甚清楚。应上海科学技术出版社邀请翻译加州大学伯克利分校戴维·塞德拉克 (David Sedlak) 教授所著的《人类用水简史》( *Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource* )。考虑到作者是环境领域的国际顶级刊物 *Environmental Science & Technology* 的主编, 加上这本书自 2014 年 3 月在美国出版以来好评如潮, 被公认为是一本优秀的科普读物, 另外译者本人也有兴趣了解城市水系统的详细发展历史, 就欣然接受了邀请。随着翻译工作的不断深入, 愈发感觉此书具有很强的可读性。此书的出版, 必能提高全社会对城市水安全的认识与理解, 也会对我国目前城市水系统存在的一些问题的解决有所帮助。

本书讲述的内容虽然大多数是现代美国城市的水安全问题, 然而读者可以管中窥豹, 了解到国际化现代都市如今共同所面临的城市水危机。在我国推进新型城市化的背景下, 如何适时调整城市水安全保障战略, 以应对不时出现的新问题、新需求和新挑战, 值得我们每个人深思。对比美国的城市水安全存在的问题, 结合我国的城市水安全现状, 笔者以为有以下几点值得借鉴。

首先, 大力推广节水设备、提倡节约用水。这是非常有效的措施, 既减少了水资源的需求量, 又能减少生活污水的排放量, 缓解水资源的压力, 减轻对水体的污染。我国人均水资源量为  $2\ 100\ \text{米}^3$ , 仅为世界人均水平的  $1/4$ , 属于水资源紧张的国家。如不采取强有力的节水措施, 再过数十年可利用的水源将会枯竭。因此, 需要大力加强对节水的宣传教育, 让每个人都认识到节水的重要性, 养成节水习惯; 加强计划用水的管理, 采用用水定额、利用经济杠杆作用促进节水; 建立完善的水资源管理体系, 防止无序过度开发水源, 实现水资源的优化合理配置。

其次, 大力推进再生水、雨水、海水等非传统水资源的开发利用。工业生产活动中采用先进的生产工艺, 实行清洁生产、循环用水、分质

用水；推广中水回用技术，回收利用污水，提高重复利用率；改革用水工艺，降低单位产品的用水量。城市污水经净化处理后的再生水资源，可作为作物的灌溉用水、工业冷却水、城市绿化用水、环境用水和地面冲洗水等。这些都是缓解水资源供需矛盾、促进水生态文明建设的重要举措。

另外，大力推行低影响开发建设模式。这是一种创新型的雨水管理模式，目的是减少开发建设对生态环境影响。这种模式也被称为“海绵城市”——在暴雨来袭时，城市能够像海绵一样将雨水储存起来。暴雨过后，再让雨水缓慢地流出，从而避免短时间内大量雨水聚集带来的内涝。建设雨水滞流、渗透、收集和处理利用系统，有效控制城市地表径流，提高城市对雨水的吸纳和存蓄能力，降低城市内涝风险；尽量采用新型建材，减少城市硬质地面，增加下垫面的透水性，从而有效提高城市排水系统的能力，缓解城市内涝的压力。

“他山之石，可以攻玉。”希望本书的出版能为我国城市水系统的稳定运行提供借鉴，有助于建立适合我国国情的城市水安全系统，促使水资源向高效率、高效益、低污染、低成本的方向发展，并最终实现合理用水、科学治水和依法管水。

参与本书翻译的还有胡咏霞、刘福明、郝勤伟、张再旺、陈辉、孙毓鑫、刘珊和刁增辉。虞左俊女士 (Ms. Zuojun Yu) 是在水专家影响下成长起来的物理海洋学家，曾就学于山东海洋学院（现中国海洋大学）、中山大学和 Nova University（现 Nova Southeastern University）。她借此机会向所有帮助过她的师长们表示衷心的感谢。

限于译者的水平和时间，书中难免有翻译不妥之处，敬请读者不吝批评指正。

徐向荣



## 前言

多数情况下，在我们日常用水时，并不需要知道有关水的详细信息。延绵的水管各司其职：给水管将遥远的清洁水输送到家中，排水管使我们的家园免受雨水淹没，而污水处理厂则确保产生的污水和冲刷厕所的废水集中处理过后不再污染当地的河流。无论白天黑夜，不管我们有没有注意到，这套水系统都在夜以继日、悄无声息地运行着。这样的“无名英雄”和维护它们的人们，默默地为城市奉献着自己的力量。现代都市人确实没有多大必要去了解水是如何流进和流出我们所在的城市，除非这个城市正处于重大投资时期。遗憾的是，这个时期快要到来了。

随着水资源形势的日益严峻，变革水系统的诉求通过各种媒体充斥着我们的视线：近年来，你多少次听闻当地政府与农民以及环保组织关于水权的争拗？关于气候变化以及更加频繁的严重干旱或者洪水泛滥的新闻？抑或是关于常见药物成分出现在饮用水中的政府报告？诸多这些问题无一不在预示着：建立于19世纪而后经过20世纪技术改进的水系统，已不能满足21世纪人们对饮用水的要求。

由于目前水处理方法呈现出越来越明显的不足，政治家、企业

家、跨国公司以及环保主义者等，众说纷纭，倡导更好的水处理愿景。有人宣称水资源的短缺可以通过投资新一代污水处理厂来解决，因为它能将污水净化，再用管线输送回水库；或者通过海水淡化厂将海水脱盐变成淡水来解决水资源短缺问题。环保主义人士倡导保护水资源，扩大使用当地水资源，并将天然（净水）过程与收集和處理水的系统结合起来。还有人认为这个危机是我们人类自己造成的，所有水问题都可以通过机构改革迎刃而解，因为现有的那些主管城市水分配和调节的机构，其管理效率十分低下。

对一个并不是这方面专家的普通人而言，如何对复杂的城市水系统做出全面的判断呢？大约 20 年前，当我开始对这些问题感兴趣的时候，发现这样一个问题：关于水的科普读物都过于宽泛。这些书大部分专注于毫不相关的话题，例如农业用水的浪费、水生环境的破坏以及发展中国家对水和卫生系统的需求。最后我才发现，只有关于城市水系统更专业的图书、报告和科技论文，以及我与那些致力于解决这些问题的人一起共事的经验，才能填补我在这方面知识上的空白。然而，这种途径并不适合于大多数人，因为他们没有这样的时间和兴趣。

当我知道如何对水这一主题深入了解以后，我一如既往地和那些渴望获取更多关于城市水问题信息的人接触。到 2009 年，我终于觉得可以帮助大家更好地了解复杂的城市水系统。那一年我受邀到古斯塔夫·阿道尔夫学院（Gustavus Adolphus College）给数千名学生和社区成员做报告。为了让大家更容易听懂我的报告，我首先介绍了几个世纪以来城市水系统的演化过程，这是让普通百姓接受饮用水的重复利用这一科学话题最有效的办法。事实证明，演讲开始时通过播放若干幻灯片来介绍饮用水和污水处理的历史，的确有助于大家客观看待这个问题。当时，我并未意识到我已经开始了一个庞大的计划。那场以介绍历史背景来解释当前城市水问题的成功演讲，促使我开始了为期四年的学习历

程，用于填补自己在这方面的知识空白，包括当前面临的城市水问题的根源和现阶段仍在使用的、但饱受争议的城市水处理技术。

对我来说，最吃惊的莫过于城市用水这个话题已远远超出科学和技术的范畴。在研究城市水系统历史的时候，我意识到这些水系统是大城市里不可缺少的一部分，虽然我们现在对各种水系统的维护和改进感到头疼。这套城市水系统已逐步得到推广，因为负责城市水系统的人们一直在研究新技术来解决由城市扩建所引起的新问题。无论哪个时代，当城市遇到给水、排水及废弃物处置等问题时，负责城市水系统的工程师们都会首先采取过去成功的策略，再加以改善，适当增加水系统的规模以应对不断膨胀的人口，直至以前的办法不再奏效。面对城市人口的剧增，按照惯例，社会应该增加对包括水系统在内的基础设施的投入。然而，在运行了十几年后，最后发现这套努力维护下的城市水系统已经跟不上时代的需求了，这时大家才会想到变革。但是知易行难，因为多数时候我们并不知道该怎么去变革。有些创新的思维和技术由于其在实践中日益突显的缺点而被淘汰；有些则因为在实际运行中得到改进而变得更加高效。经过一段时期，一些水问题特别突出的城市研发出了新的水处理方法，这些方法进而成为发达国家城市水处理的技术规范，得以广泛应用。

作为城市水系统发展的一个新阶段，我们现在遇到的用水问题并不算太棘手。然而，水资源短缺、街道浸水、不断增长的水体污染物名单，加上地方政府对水系统维护不力或不愿改进，这些问题对于那些努力使城市水系统正常运行的人来说无疑是厝火积薪。但我们当前遇到的挑战和前辈们已解决的问题并非完全不同：城市水系统总需要间或进行升级改造。也许这一次因为气候变化，加上需要给数以千万计生活在相同流域的人供水，这些都使城市用水问题变得更加错综复杂。但近几十年快速发展的电子科学、材料科学以及生物技术，一定

会帮助我们解决这些城市用水问题。

在过去的2500年里，城市水系统周期性的发展、破损以及更新都与一系列的变革相关。第一次变革，姑且称之为“水1.0 (Water 1.0)”，发生在第一次全球工业化浪潮时期迅速崛起的欧洲城市，这些城市复制了由古罗马人首建的管道系统和排水沟。随着这些城市的持续扩增，大量废物随排水沟排出，一些水媒疾病（如霍乱和伤寒等）肆虐，严重威胁公众的健康。饮用水的处理，或者称之为“水2.0 (Water 2.0)”，作为又一次变革，遏制了水媒疾病，为人类带来了难以想象的健康福利。但直到半个世纪前，现代技术和持续的经济进步使得城市扩张，从下水管道流出的污物对下游地域造成很大的麻烦。接下来的几十年里，伴随着城市周围的河流、湖泊和海湾的衰退，迎来了第三次变革，即“水3.0 (Water 3.0)”。它以污水处理厂作为城市水系统的典型特征出现。

又经历了半个世纪后，人口的持续增长和气候变化迫使城市水系统的功能必须不断强化，以满足居民的用水需求。所有这些迹象都表明即将出现第四次变革，即“水4.0 (Water 4.0)”。只是在这个阶段，决策者们对城市水问题的性质知之甚少。在那些水系统显示出最大压力迹象的城市，这些问题已通过不同方式显现出来。有些地方，水肆虐泛滥；而另外一些地方，却长期干涸；还有的地方，虽然经费不足，但仍在努力维持那些濒于散架的管道和水处理厂。第四次变革仍然在循序渐进的准备过程中，如果我们愿意投入资源、人力，加上政府有意愿把这些变革变成现实，依靠科技，多管齐下，就可以造就更好的城市水系统。未来城市水系统对城市的发展具有举足轻重的作用，最好由知情的公众来共同决策。面对严峻的水资源形势，我希望本书和相关的水4.0网站 ([www.water4point0.com](http://www.water4point0.com))，不仅有助于公众更广泛和深入地了解水资源话题，还能激励大家身体力行，努力改进所在社区的水系统。

## 致谢

当我开始着手边研究城市水问题、边撰写这本书稿时，我并不清楚自己到底需要投入多少精力来完成这部著作。如果没有那些与我一样心存激情、共盼美好城市水未来的人士们的大力支持，我恐怕无法完成这本书。

对于娜米·吕贝克（Nami Lubeck）给予的鼓励和批评，我深表感激。在她的帮助下，这本书由形式呆板的技术通报变成了生动活泼的科普图书；我相信除了那些有抱负的学生之外，其他读者也许也有兴趣阅读。限于本人水平，难免多用了一些专业术语，敬请读者原谅。

我很感激我的经纪人安迪·罗斯（Andy Ross），陪伴我学习如何出书；因为出书本身是一门艺术。罗斯博学多才，他本来可以经营一家最好的书店，但他却成为一名非凡的文学著作经纪人。我也要感谢对原稿进行编辑点评的耶鲁大学出版社编辑简·汤姆森（Jean Thomson）。感谢萨拉·胡佛（Sara Hoover）对整本书中许多虽细微但很重要的细节的指导。感谢手稿编辑朱莉·卡尔森（Julie Carlson）的认真编辑。感谢比尔·纳尔逊（Bill Nelson）提供精美插图。

感谢那些与我共同探讨城市水的话题或阅读和评论这部书中不同章节的人们。感谢彼得·戴维 (Peter David)、迈克·卡瓦诺 (Mike Kavanaugh)、萨沙·哈里斯洛维特 (Sasha Harris-Lovett), 以及我的研究组成员提供的宝贵意见。我在苏黎世休假研究时, 瑞士同仁乌尔斯·冯·贡滕 (Urs von Gunten)、珍妮特·赫林 (Janet Hering) 等为我提供了不少引人深思的讨论机会。特别感谢于尔格·海格尼 (Jürg Hoigné), 他让我了解到中世纪不仅仅只有许多大教堂和十字军。同样感谢国家水研究机构的创办执行主任罗纳德·林斯基 (Ronald Linsky) 对我的信任; 他对此书的内容有着深刻的影响, 哪怕他没有机会阅读这书的初稿。

在花费大量时间研究, 然后着手撰写本书稿的过程中, 我越来越感激那些伟大学者们所做出的贡献。他们不辞辛劳地钻研那些原始文献, 来重现城市水历史中常常被遗忘的那些时刻。没有他们的付出, 我们就无从了解城市水系统是如何达到了目前的水平。从马丁·梅洛西 (Martin Melosi)、乔尔·塔尔 (Joel Tarr)、阿·特雷弗·霍奇 (A. Trevor Hodge)、罗伯塔·马格努森 (Roberta Magnusson) 以及唐纳德·里德 (Donald Reid) 这些学者的著作或论文中, 我学到了很多知识。我的研究同时也有赖于许多工程师、科学家, 以及政策专家, 因为他们的著作、论文也一样不可或缺。通过与行业领军人物迈克·魏纳 (Mike Wehner)、哈里·斯安 (Harry Seah)、艾伦·普卢默 (Alan Plummer) 以及罗兹·特拉塞尔 (Rhodes Trussell) 的交流, 我对当前城市水系统的发展现状及即将到来的第四次 (水) 变革所做的努力有了更好的认识。我尝试着将你们的教学材料变成前后连贯的论述写进书里; 对于书中可能出现的错误, 我先在这里向你们表示歉意。

对于家人的感激之情, 我无法用文字充分表达。梅格 (Meg)、简

(Jane) 和亚当 (Adam)，感谢你们耐心聆听书中章节的初稿，在我心不在焉的时候对我的包容，以及在我们举家“旅游”时你们表现出的幽默感——陪伴我参观巴黎下水道，寻找马克西马排水沟 (Cloaca Maxima)<sup>①</sup> 的出口，陪我去看各种湿地、废水回收厂和喷泉。我保证下次旅游时，再也不会带你们去看与污水处理有关的地方。

最后我想表达对迪基·卢西 (Dicky Luthy)、约尔格·德鲁斯 (Jörg Drewes) 以及国家科学基金会工程研究中心 (ReNUWIt) 成员们的感激之情。很高兴看到这么多有才华的各方人士愿意将他们的精力和创造力投入到撰写本书中来。

---

<sup>①</sup> 马克西马下水道，世界上第一条下水道，是古罗马最宏伟的下水道。公元前 6 世纪左右，伊达拉里亚人使用岩石砌成渠道系统，废水通过它排入台伯河，其主干道宽度超过 4.8 米，渠道系统中最大一条的截面为 3.3 米 × 4 米，尔后又被罗马人扩建。下水道 7 个分支流经城市街道，最终汇入主道马克西马下水道。暴风雨来临时，下水道被流水的巨大冲力清洗干净。罗马学者普林尼将其誉为罗马“最引人瞩目的成就”。2 500 年后的今天，马克西马下水道还在现代罗马城发挥着作用。——译者注

# 目 录

译者序

前言

致谢

- 第一章 世界上第一个大都市罗马城的供水 001
- 第二章 桶的时代 013
- 第三章 欧洲的污水危机 025
- 第四章 延年益寿得力于水处理 039
- 第五章 燃烧的河流、褪色的油漆和清洁水运动 060
- 第六章 氯化处理水的困境 086
- 第七章 流入海湾的下水道 106
- 第八章 “痕量”的麻烦：激素、药物和有毒化学品 130
- 第九章 为第四次水变革做准备 152
- 第十章 从厕所到水龙头的解决方案 172
- 第十一章 向海洋索取饮用水 198
- 第十二章 不一样的明天 217
- 第十三章 反思 247
- 
- 注释 254
- 索引 292



# 世界上第一个大都市罗马城的供水

如果说水是生命中不可缺少的一部分，那么供水就是人类文明史中必不可少的组成部分。在古代，人类为了贸易往来以及安全的需要，聚居在靠近饮用水的地方。但随着聚居地发展成小镇，小镇又发展为城市，人们被迫生活在远离水源的地方。起初，远离水源的城市生活区所面临的挑战是通过打井或付费送水到户来解决的<sup>[1]</sup>。对于第一批城市居民来说，如何获取水只是享受便利城市生活所必须克服的挑战之一。

随着时间的推移，人们尝试了各种途径把水输送到城里。大约在公元前 700 年，伊拉克北部城市埃尔比勒（Erbil）的居民，挖掘稍稍倾斜的水平隧道（也叫暗渠），将远在 20 公里以外的地下水输送到城里<sup>[2]</sup>。就在同一时期，希腊人挖掘较浅的沟渠，将附近山上的泉水送到特洛伊（Troy）和雅典（Athens）<sup>[3]</sup>。

密集的房屋群以及由压实的土壤组成的城市街道，需要排水系统的保护才不会被淹没。早期印度河流域（the Indus Valley）和美索不达米亚文明（Mesopotamia civilization）创造了别具匠心的排水沟和有盖